

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Наракшина Анна Артуровна

Магистерская диссертация

**Имитационное моделирование банковских
кредитных рисков**

Направление 01.04.02

«Прикладная математика и информатика»

Магистерская программа «Математическое и информационное обеспечение
экономической деятельности»

Руководитель магистерской
программы,
доктор физ.-мат. наук,
профессор

Захаров В. В.

Научный руководитель,
кандидат физ.-мат. наук,
доцент

Свиркин М. В.

Санкт-Петербург

2017

Оглавление

Введение	3
1. Анализ банковских кредитных рисков	6
1.1 Банковский риск и его виды.....	6
1.2 Информационно-логическая модель кредитования.....	10
1.3 Анализ литературы и существующих моделей.....	16
Постановка задачи	21
2. Математическое моделирование кредитных рисков	23
2.1 Методы математического моделирования.....	23
2.2 Имитационная модель анализа кредитных рисков.....	26
2.3 Анализ данных для моделирования	29
3. Имитационное моделирование кредитных рисков банка	33
3.1 Данные для анализа кредитных рисков	33
3.2 Программная реализация и результаты моделирования.....	37
3.3 Анализ результатов моделирования.....	41
Заключение	45
Список литературы и источников	46
Приложение 1	49
Приложение 2	50
Приложение 3	53

Введение

Современная экономика – сложная система, состоящая из тесно взаимосвязанных частей. Одну из ведущих ролей играет банковская система, она обеспечивает функционирование экономики, как единого целого. Банковская система включает в себя совокупность банков, банковских институтов и их взаимосвязи. В нашей стране банковская система состоит из двух уровней: центральный банк (ЦБ) [1] на первом уровне и коммерческие банки, представительства и филиалы иностранных банков, небанковские кредитные организации – на втором. Центральный банк занимает особое место в банковской системе. Одна из основных его функций заключается в осуществлении надзора за кредитными организациями второго уровня, а также регулировании их деятельности.

Осуществим анализ второго уровня банковской системы, а именно коммерческих банков. Банк – организация, которая занимается привлечением и перераспределением денежных средств и осуществляет следующие функции: кредитование, инвестирование, привлечение депозитарных средств, обслуживание счетов физических и юридических лиц, проведение расчетно-кассовых операций. Поскольку одним из основных видов деятельности, которую осуществляет банк, является кредитование, то в совокупном банковском риске доля кредитного риска наибольшая. В 2004 году Базельский Комитет по Банковскому Надзору предложил банкам стандартизировать управление кредитными рисками и использовать для их оценки внутренний рейтинг заемщиков, который мог быть определен либо рейтинговым агентством, либо внутренними рейтинговыми системами банка, утвержденными системой банковского надзора [2]. В результате данного предложения активное развитие получили различные методики оценки рейтинга заемщиков, модели управления кредитными рисками и теория управления кредитными рисками в целом.

Банк, как и любая коммерческая организация, стремится максимизировать свой доход и минимизировать потери. Для достижения второй цели, необходимо оценивать кредитные риски на момент выдачи кредита, чтобы иметь возможность выявить их последствия для деятельности банка. Данное обстоятельство объясняет совершенствование моделей оценки кредитных рейтингов и их динамики для определения вероятности возникновения кредитного риска.

В настоящее время предложено несколько различных подходов [3-13], предназначенных для определения вероятности возникновения кредитных рисков. К одному из них относят методы классификации, позволяющие дифференцировать заемщиков с точки зрения кредитоспособности. В основе классификационных методов лежит scoring-система [8,10,11], а для определения вероятности кредитного риска наиболее часто используют: логистическую регрессию [6], пробит-регрессию [13] и дискриминантный анализ [8-9]. К другому типу относятся кластерные методы [14], деревья решений и нейронные сети самоорганизации [7-8], применяемые для выделения блоков заемщиков и определяющие вероятность кредитного риска для каждого блока. Вероятностно-статистические методы [4-5] или, как их еще называют, эконометрические – наиболее распространенный путь для определения кредитного риска. Существуют также гибридные системы [3-4,12,15-17], включающие в себя совместное использование вероятностно-статистического оценивания и имитационного моделирования. Представленные подходы оценки заемщиков, кроме последнего, опираются на статистические данные прошлых лет и не учитывают текущие социально-экономические условия, влияние которых крайне важно. Кроме этого, вероятность кредитного риска определяется для группы – класса (кластера) и не учитывает индивидуальность заемщика.

Актуальность темы обусловлена необходимостью применять эффективные методы управления компаниями или организациями, в том

числе банками, при которых предусмотрено возникновение различных проблемных (рисковых) ситуаций и существует совокупность решений и шагов, предпринимаемых для минимизации возникающего ущерба. Соответствующее научное направление получило название «риск-менеджмент». Оно существует уже порядка 60 лет, но при этом не теряет своей актуальности. Понятие риска весьма неоднозначно, в контексте определенной сферы деятельности оно порождается новыми, еще нерешенными задачами.

В представленной работе область исследований – банковское дело, а в качестве предмета исследований выступает один из нескольких видов банковских рисков – кредитный риск. Следует изначально определить, что в дальнейшем будет пониматься под кредитным риском, так как существует множество определений, характеризующих данное понятие. Например, Центральный Банк РФ определяет кредитный риск, как «риск возникновения у кредитной организации убытков впоследствии неисполнения, несвоевременного или неполного исполнения должниками финансовых обязательств перед кредитной организацией в соответствии с условиями договора». В текущем исследовании под кредитным риском будем понимать превышение допустимого объема невозврата средств заемщиками в банк.

В качестве метода оценки заемщиков в данной работе было выбрано имитационное моделирование. Опираясь на статистические распределения параметров заемщиков в прошлом, а также учитывая влияние на них различных социально-экономических факторов, с помощью данного подхода можно спрогнозировать кредитный риск не только в текущих условиях, но и в ожидаемых.

Представленная научно-исследовательская работа посвящена имитационному моделированию кредитных рисков банка в условиях изменяющейся социально-экономической ситуации.

1. Анализ банковских кредитных рисков

1.1 Банковский риск и его виды

Словосочетание «управление рисками» в настоящее время упоминается в большом количестве книг, статей, публикаций [18-23], но необходимо понять, что конкретно понимается под риском и каким образом им можно управлять.

Риск неразрывно связан с неопределенностью. Деятельность любой организации или компании протекает в условиях неопределенности, поскольку зависит от внешних экономических условий, постоянно возрастающей конкуренции на рынке, процессов глобализации и мирового развития, которые нельзя определить однозначно. Таким образом, любая компания подвержена возникновению негативных для ее существования ситуаций, а в этом и заключается суть риска. Риск – это последствия управления и принятия решений в условиях неопределенности. Было выделено два вида рисков [18], в зависимости от характера последствий. Чистый риск – риск возникновения ситуации, приводящей к убыткам. Спекулятивный риск – риск возникновения ситуации, при которой возможны как потери, так и прибыль.

Любой риск можно описать структурно [20], с помощью следующих характеристик: опасность, подверженность риску, чувствительность к риску и взаимодействие с другими рисками. Исследуем каждую из характеристик более детально. Опасность - ключевая характеристика, она отражает негативные (в случае спекулятивных рисков, возможно, и позитивные) последствия реализации риска и определяет подверженность. Подверженность риску – характеристика, определяющая необходимые условия для реализации риска. Чувствительность к риску или уязвимость – своего рода количественная мера риска. Взаимодействие с другими рисками – характеристика, отражающая взаимосвязь рисков и позволяющая

рассматривать совокупность рисков как единый объект – портфель рисков. Выявление всех выше перечисленных характеристик позволяет определить риск.

Изначально определение или идентификация риска являлись основной задачей риск - менеджмента, но постепенно сформировался четкий принцип управления рисками [19] (см. диаграмму рис.1).



Рис. 1 Процесс управления рисками

Банковская деятельность подвержена большому количеству различных рисков. Их значимость учитывалась еще в XVIII веке. Однако в настоящее время, когда банки конкурируют между собой, необходимость совершенствования управления банковскими рисками растет с каждым днем. Банковское дело имеет экономическую направленность, поэтому ему присущи риски, связанные с процессом осуществления данного вида деятельности между взаимодействующими субъектами. Стоит учесть, что банковский риск – не обязательное присущее банку свойство, а результат

управления, которое приводит к достижению отрицательного результата. Существует множество различных определений банковских рисков, но чаще всего сущность риска подменяется причиной его возникновения. При этом понятие риска связывается с понятием неопределенности, непредвиденного, непредсказуемого события, отрицательно влияющего на доходы банка и увеличивающего убытки. Но риск не есть неопределенность в чистом виде, риск – осуществление деятельности, управление и принятие решений в условиях неопределенности [18-20]. При таком понимании банковского риска нужно бороться не с негативными результатами деятельности банка, а сформировать эффективную политику осуществления банковской деятельности, в которой будут учитываться возможные негативные последствия в процессе управления. Необходимо учесть риски еще до момента заключения сделки, оценить контрагента с точки зрения благонадежности, проанализировать полученные результаты, и только после этого принимать решение о целесообразности сделки.

Широта банковской сферы и осуществляемые внутри банка операции позволяют классифицировать банковские риски по различным критериям [18] (см. табл. 1.1).

В магистерской диссертации основное внимание уделено классу риска в зависимости от банковского продукта, услуги, операции, а именно – кредитному риску. Поскольку кредитование – одна из наиболее востребованных банковских услуг, кредитный риск также занимает большой процент в общем рисковом портфеле.

Кредитный риск – возникновение убытков впоследствии невыполнения клиентом своих обязательств перед банком. Кредитному риску подвержен как банк, так и сам заемщик. В представленной работе под кредитным риском банка будет пониматься нарушение допустимого процента невозврата средств заемщиком. Под кредитным риском заемщика – риск невозврата средств, в зависимости от причины.

Критерий классификации	Виды банковских рисков
Уровень риска	Риск на макроуровне отношений Риск на микроуровне отношений
Характер банковского продукта, услуги, операции	Риск по забалансовым операциям Кредитный риск Расчетный риск Валютный риск Операционный риск и др.
Степень обеспечения устойчивого развития банка	Риск несбалансированной ликвидности Процентный риск Риск потери доходности Риск потери конкурентоспособности Риск капитальной базы Риск-менеджмент
Факторы риска	Внешние риски (политические, экономические, социальные, демографические, географические, прочие) Внутренние риски (риски связанные с активами, пассивами, с качеством управления, с качеством реализации финансовых услуг, риски в основной и вспомогательной деятельности)
Сфера и масштаб действия риска	Риск, исходящий от страны Риск, связанный с типом банка Риск, связанный с деятельностью центров Риск, исходящий от банковских операций: совокупный или индивидуальный
Время возникновения	Ретроспективный риск Текущий риск Перспективный риск
Степень зависимости риска от банка	Зависимый Независимый
Вид банка	Риск специализированного банка Риск отраслевого банка
Величина риска	Низкие риски Умеренные риски Полные риски
Состав клиентской базы	Риск, исходящий от крупных, средних, мелких клиентов Риск, исходящий от отраслевой структуры.
Характер учета операций	Риск по балансовым операциям Риск по внебалансовым операциям

Таблица 1.1 Классификация банковских рисков

1.2 Информационно-логическая модель кредитования

Процесс кредитования – это взаимодействие, с одной стороны которого выступает заемщик, а с другой – банк. Проведем более подробный анализ данного взаимодействия.

Банк выдает кредиты, которые различаются между собой видами и условиями, а именно: процентная ставка, способ погашения, срок кредитования, сумма кредита, валюта, обеспечение. В каждом конкретном банке в зависимости от вида кредита появляются ограничения на оставшиеся кредитные параметры, но если оценивать кредитные предложения разных банков, то можно заметить признаки сходства.

Во-первых, в ведущих банках страны выделяются пять основных видов кредитования: потребительский кредит, жилищный кредит, автокредит, кредитная карта, кредит для рефинансирования действующих кредитных обязательств.

Во-вторых, кредит на любую из указанных целей имеет ограничения по минимальному и максимальному сроку кредитования, а так же по минимальной и максимальной сумме, такие параметры каждый банк устанавливает индивидуально, в соответствии с внутренними нормативными документами (ВНД).

Третий и основной фактор, характеризующий привлекательность кредита для заемщиков, - процентная ставка, которая может быть стационарной или дифференцируемой. Величина годовой процентной ставки зависит от вида кредита, но при этом различия по процентной ставке в кредитных предложениях ведущих банков составляет лишь несколько десятых долей процента. Важно заметить, что величина процентной ставки зависит и от ряда дополнительных условий, таких как кредитная история, наличие зарплатной карты банка, надежность организации-работодателя

заемщика. Таким образом, для каждого заемщика процентная ставка устанавливается индивидуально, исходя из совокупности условий.

Не менее важным параметром кредита является наличие обеспечения, которое дает банку гарантию возврата средств и существенно уменьшает вероятность возникновения проблемной задолженности, следовательно, и кредитного риска. Однако обеспечение предусмотрено не во всех кредитных продуктах банка.

Анализ оставшихся параметров кредита, на примерах кредитных предложений ведущих банков страны, показал, что наиболее применимый способ погашения кредита – ежемесячные аннуитетные платежи, при которых сумма кредита с процентами делится на равные части на срок кредита в месяцах, а валюта, в которой предоставляется кредит, – рубли.

Был проведен подробный анализ основных характеристик кредита, теперь перейдем к рассмотрению участников кредитного процесса.

Заемщики, в роли которых могут выступать как физические лица, так и организации, обладают определенными наборами параметров, характеризующих их кредитоспособность. Таких параметров-характеристик можно выбрать множество, и все они будут отражать благонадежность и кредитоспособность заемщика, но обработать такое количество данных будет весьма затруднительно. Таким образом, существуют несколько общих и универсальных параметров, используемых банками для оценки заемщика. Для физических лиц: трудовая занятость, среднемесячный подтвержденный доход, кредитная история, категория заемщика, наличие поручителя, совокупная долговая нагрузка, возраст. Для компаний: статус организации и репутация, финансовый показатель, рейтинг (если таковой имеется), организационно-правовая форма, обеспечение.

Банк – финансово-кредитная организация, занимающаяся привлечением и перераспределением (оборотом) денежных средств. Любой

банк в нашей стране находится под контролем у главенствующего правового института – Центрального банка РФ (ЦБ). ЦБ осуществляет надзорную функцию за деятельностью кредитных организаций и групп банков, для этого устанавливаются нормативы-регуляторы, которые должна выполнять каждая кредитная организация: норматив достаточности капитала $H1 > 8\%$, мгновенной ликвидности $H2 \geq 15\%$, текущей ликвидности $H3 \geq 50\%$, долгосрочной ликвидности $H4 \leq 120\%$, размер риска на заемщика или ГСЗ $H6 \leq 25\%$, размер крупных кредитных рисков $H7 \leq 800\%$, максимальный размер кредитов, банковских гарантий и поручительств, предоставленных банком своим участникам (акционерам) $H9.1 \leq 50\%$, совокупная величина риска по инсайдерам банка $H10.1 \leq 3\%$, норматив использования собственных средств (капитала) банка для приобретения акций (долей) других юридических лиц $H12 \leq 25\%$. Порядок расчета каждого из нормативов предложен в инструкции Банка России от 3.12.2012 [24].

Определим теперь кредитные риски, возникающие при взаимодействии между заемщиком и банком. Поскольку основными регуляторами банковской деятельности являются нормативы, описанные выше, то основные риски банка связаны с нарушением допустимых значений данных нормативов. Если банк не соблюдает нормативные требования, он может быть оштрафован, лишен возможности осуществлять определенные операции, а при многократных нарушениях рискует потерять лицензию. Таким образом, назовем характеристиками риска банка – нормативы банка.

Необходимо определить характеристики рисков заемщика – причины, по которым заемщик не возвращает кредит в банк. В данном исследовании будем расценивать заемщика как добросовестного и порядочного человека. Таким образом, существует ряд обстоятельств, которые могут повлечь за собой неплатежеспособность дебитора, но при этом они носят случайный характер. К такого рода обстоятельствам можно отнести снижение дохода, банкротство, изменение валютного курса, высокий уровень инфляции,

социально-экономические изменения. Проведем более детальный анализ рисков заемщика.

При обращении в банк заемщик предоставляет пакет документов, в котором приложена справка, подтверждающая финансовое состояние. Как уже было отмечено выше, подтвержденный доход из этой справки учитывается в условиях кредитования, позволяет рассчитать допустимую процентную ставку и максимальный кредитный лимит. Если после получения кредита доход заемщика уменьшается, то существенно возрастает вероятность задолженности по кредитному обязательству. Риск сокращения дохода может иметь различные первопричины. Для физического лица к ним можно отнести: потерю трудоспособности по причине болезни, потерю работы из-за массовых сокращений либо по иной причине, внеплановые расходы. Для юридических лиц: потеря значимых клиентов, провал проекта, потеря репутации, снижение конкурентоспособности.

Таким образом, были определены кредитные риски и основные параметры, которые будем учитывать в работе. Формализуем все выше описанное и построим информационно-логическую модель кредитования.

Основными сущностями модели выступают «Банк», «Заемщик» и «Кредит». Чтобы охарактеризовать кредит, необходимо сформировать вектор его параметров $k = (k_1, \dots, k_n)$. Для описания заемщиков зададим соответствующие векторы параметров $f = (f_1, \dots, f_l)$ и $u = (u_1, \dots, u_r)$ физических и юридических лиц соответственно. Риски банка представим в виде вектора нормативов $R_b = (H_1, \dots, H_{12})$, риски заемщиков описаны выше.

На рис. 2 представлена информационно-логическая модель кредитного взаимодействия между банком и заемщиком.

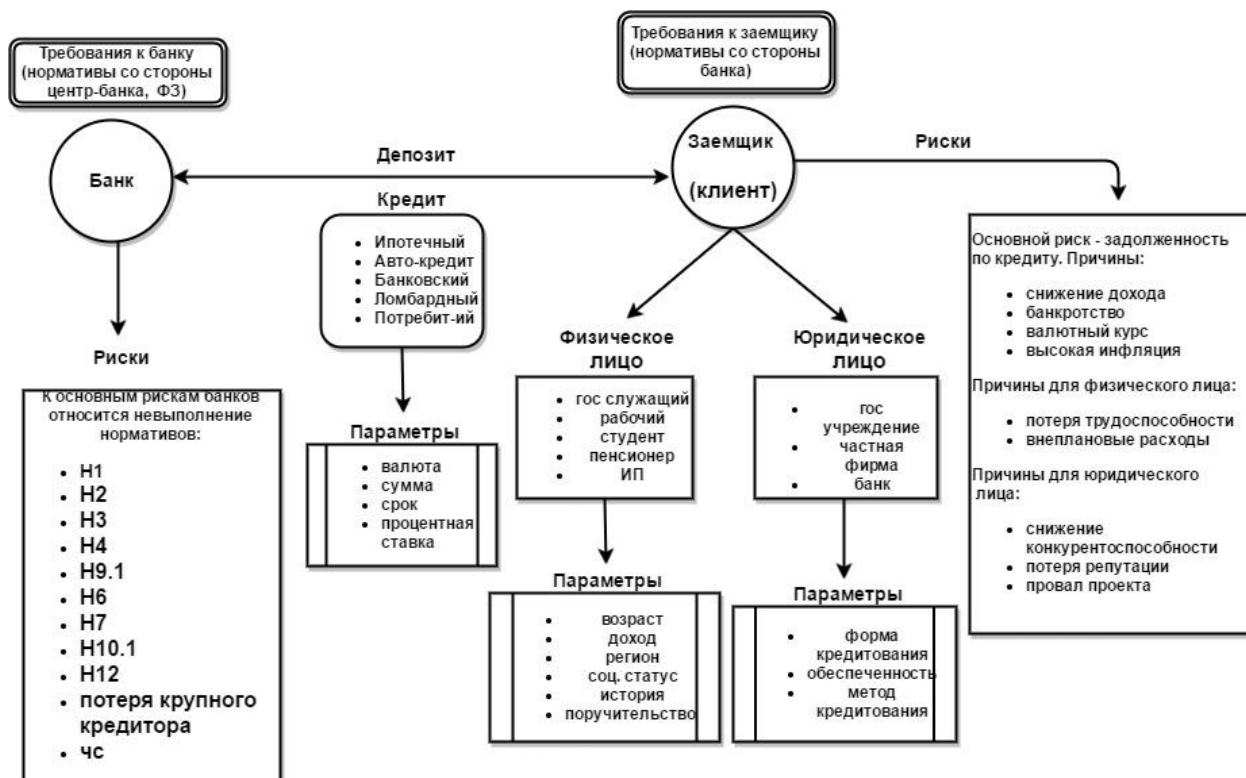


Рис.2 Информационно-логическая модель кредитования

Поскольку данная модель масштабна и подразумевает описание большого количества параметров для каждой сущности, описание связей между сущностями, а также учет характеристик кредитного риска, перейдем к несколько более частной модели.

Для реализации модели рассмотрим ранее описанные сущности со следующими параметрами. Для сущности «Кредит» установим параметры цель, срок, сумма и процентная ставка. Сущность «Заемщик» – физическое лицо, показателями кредитоспособности которого служат сфера профессиональной деятельности, ежемесячный доход и процент ежемесячного дохода, необходимый для оплаты кредита. Основным кредитный риск заемщика – невозврат кредита, причинами которого служат снижение уровня дохода, высокий уровень инфляции, потеря дохода. Кредитный риск банка – превышение допустимого процента невозврата. Диаграмма информационно-логической модели описанной ситуации представлена на рисунке 3.



Рис.3 Информационно-логическая модель кредитования (частный случай)

Построенная информационно-логическая модель является фундаментом для математической модели и программного продукта, позволяющего определять вероятность возникновения кредитного риска. В следующем параграфе проведем анализ методов, предложенных для решения соответствующих задач, и определим подход, который будем использовать в дальнейшем.

1.3 Анализ литературы и существующих моделей

Основополагающим этапом научной работы является анализ существующих методов и подходов, позволяющих решать задачи в выбранной исследовательской области. Поскольку магистерская диссертация посвящена управлению кредитными рисками, необходимо изучить математические модели, предложенные в литературе для данного научного направления.

Методы управления рисками появились в 60-е годы, когда активное развитие получили промышленность и коммерция. Банковский сектор и рейтинговые агентства не остались в стороне и начали использовать новые статистические методы для анализа и управления кредитными рисками. Появились основные методики для определения кредитных рисков, такие как дискриминантный анализ [8-9], логистическая регрессия [6,8] и пробит модель [13], которые актуальны и сейчас. В это время, в условиях все более возрастающей неопределенности принятия решений, усилилась необходимость повышения устойчивости банковской системы. С этой целью было создано Базельское соглашение [2], содержащее рекомендации по качественному управлению банковскими рисками и регулирующее банковскую деятельность в целом. В процессе дальнейшего развития экономики и банковской сферы это соглашение претерпевало изменения, появлялись новые редакции, учитывающие недостатки финансового регулирования и усиливающие требования к нормативам банка. В настоящее время действует соглашение Базель III, опубликованное в 2010 году. Параллельно с Базель III был выпущен международный стандарт ISO-31000, содержащий общие принципы и термины по управлению рисками, а также рекомендации по принятию решений в условиях неопределенности. В Российской Федерации был утвержден государственный стандарт по управлению рисками ГОСТ Р 51897–2011[25]. В данном документе под

риском понимается «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей».

Формализованное описание риска имеет следующий вид [19]:

$$R = F(p, u)$$

p – вероятность возникновения неблагоприятного результата;

u – количественная оценка потерь;

F – функция, характеризующая риск.

В литературе [3-13,15,19-23] предложено большое количество экономико-математических методик для определения вероятности возникновения кредитного риска, так как на протяжении длительного времени существует необходимость управления кредитными рисками. Все такие подходы можно разделить на четыре группы:

- кластерные,
- классификационные,
- вероятностно-статистические модели,
- гибридные.

Рассмотрим каждую группу в отдельности. К первой группе методов относятся подходы, позволяющие решать задачу кластеризации [14]. Существует выборка данных о заемщиках, которые уже обращались в банк. Из имеющихся характеристик заемщиков выбираются наиболее значимые параметры модели. Затем выбирается мера схожести или различия между значениями параметров, после чего исходная выборка разбивается на непересекающиеся подмножества таким образом, что мера разности между элементами внутри одного подмножества минимизируется, а между элементами разных подмножеств максимальна. После разбиения получается

конечное число кластеров, и новые заемщики, распределяются в кластеры к заемщикам с близкими параметрами.

- Метод k - средних (k - means) – один из наиболее популярных методов кластеризации. Был изобретен математиком Гуго Штейнгаузом в пятидесятых годах двадцатого века. Суть метода заключается в минимизации суммарного квадратичного отклонения элементов кластера от центра кластера.

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i}^n (x_j - \mu_i)^2 \rightarrow \min$$

k – количество кластеров;

S_i – полученные кластеры;

μ_i – математическое ожидание элементов кластера;

Вторая группа методов – это классификационные подходы [6-11,13]. Изначально существует конечное количество классов. Элементы классов характеризуются наборами параметров. По имеющимся данным ищется правило, сопоставляющее элементу номер класса. Затем новые элементы распределяются по классам с помощью полученного правила. Суть данного метода заключается в разбиении заемщиков на группы таким образом, чтобы различия внутри групп были малы, а между группами – существенны. После чего решается вопрос о выдаче кредита группе заемщиков сразу.

Наиболее часто из методов классификации используются пробит и логистическая регрессия [6,8,13], дискриминантный анализ [8,9]. Рассмотрим каждую математическую модель в отдельности.

- Дискриминантный анализ

x_1, x_2, \dots, x_n – независимые параметры;

w_1, w_2, \dots, w_n – весовые коэффициенты;

Z_{score} – рейтинг;

\bar{Z} – обычное среднее;

\bar{Z}_g – групповое среднее;

SS_{among} – межгрупповая дисперсия;

SS_{across} – внутригрупповая дисперсия;

$$Z_{score} = \sum_{i=1}^n w_i x_i; \quad \bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i; \quad \bar{Z}_g = \frac{1}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} Z_{pg};$$

$$SS_{among} = \sum_{g=1}^G n_g [\bar{Z}_g - \bar{Z}]^2 \rightarrow \max$$

$$SS_{across} = \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} [Z_{pg} - \bar{Z}_g]^2 \rightarrow \min$$

Дискриминантный анализ опирается на scoring-систему оценки клиентов, которая позволяет классифицировать заемщиков по кредитоспособности. В основе системы лежит априорное предположение, что лица, находящиеся в схожем социально-экономическом положении, ведут себя похожим образом. Для оценки заемщика используется рейтинг, т.е. изначально выбирается некоторый набор параметров, и клиент предоставляет информацию об индивидуальных значениях каждого из них. Всем параметрам с учетом их важности присваиваются весовые коэффициенты, которые затем суммируются, образуя рейтинг. По значению рейтинга принимается решение о предоставлении кредита. Построение и моделирование scoring-систем подробно описано в работах [8,10,11].

- Логистическая регрессия

x_1, x_2, \dots, x_n – независимые параметры;

w_1, w_2, \dots, w_n – весовые коэффициенты;

p – вероятность невозврата кредита;

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

$$p = \frac{e^{\sum_{i=1}^n w_i x_i}}{e^{\sum_{i=1}^n w_i x_i} + 1}$$

Для оценки весовых коэффициентов используют метод максимального правдоподобия, отличающийся особой сложностью подбора весовых коэффициентов, но на практике так же применяется метод Ньютона и стохастического градиентного спуска.

- Пробит-регрессия

x_1, x_2, \dots, x_n – независимые параметры;

w_1, w_2, \dots, w_n – весовые коэффициенты;

p – вероятность невозврата кредита;

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\sum_{i=1}^n w_i x_i} e^{-t^2/2} dt$$

Также к группе классификационных методов относятся нейронные сети [7,8] и деревья решений [8]. В их основе лежит классификация заемщиков на группы, посредством более сложных алгоритмов. Для реализации дерева решений часто используют алгоритм одиночной связи, а работа нейронных сетей строится на картах самоорганизации. После распределения заемщиков на группы принимается решение о выдаче кредита, поэтому определяющим для заемщика является его «окружение».

Вероятностно-статистические методы определения вероятности кредитного риска [4,5] опираются на такие критерии как дисперсия, математическое ожидание, среднее-квадратичное отклонение (СКО) коэффициент вариации, а также комбинацию математического ожидания и СКО. Данные характеристики определяются функцией распределения случайной величины потерь, соответствующей исследуемому риску. Таким образом, определение вероятности возникновения кредитного риска сводится к оценке вышеперечисленных характеристик. Следует также заметить, что для оценки характеристик используются эмпирические данные, поэтому полученные значения верны с определенной точностью. Существенным

недостатком вероятностно-статистического подхода является использование статистических данных прошлых лет, в то время как оценка вероятности риска происходит в настоящем времени, что в условиях постоянно меняющейся экономической ситуации может привести к недостоверности полученных результатов.

Имитационное моделирование [4,12,15-17] – это еще один метод определения вероятности возникновения кредитного риска. В основе имитационной модели лежат распределения требуемых параметров, полученные из статистических данных прошлого. Однако данный метод учитывает случайность появления параметров и позволяет более точно оценить вероятность возникновения кредитного риска. Кроме того, в имитационную модель можно включить воздействие социально-экономических факторов, влияющих на заемщика, и оценить, как сильно изменится вероятность кредитного риска.

Постановка задачи

Банковская сфера в целом представляет собой сложную систему, для описания которой требуется большое количество параметров и связей, а для анализа такой системы необходим системный анализ. В данной работе необходимо осуществить процесс построения имитационной модели кредитного взаимодействия в ситуации, когда банк выдает кредит заемщику. Для достижения поставленной цели необходимо:

- на основе анализа банковской деятельности определить основные сущности, используемые в модели;
- описать параметры, характеризующие каждую из них;
- рассмотреть и описать связи между сущностями;
- построить информационно-логическую модель кредитного взаимодействия между банком и заемщиком;

- на основе полученной информационно-логической модели построить математическую модель с выделенным пространством параметров;
- по математической модели в выделенном пространстве параметров провести имитационное моделирование;
- проанализировать результаты моделирования, сформировать управленческие решения по минимизации рисков и оценить их эффективность;
- на модельном примере показать работоспособность предлагаемого подхода определения кредитных рисков на основе имитационного моделирования.

2. Математическое моделирование кредитных рисков

2.1 Методы математического моделирования

При исследовании любых сложных явлений или процессов используются математические модели – формальные схемы реальных объектов. Математическое моделирование – процесс построения и изучения математических моделей реальных систем. Поскольку проведение экспериментов над реальной банковской системой невозможно, так как банки могут понести значительные убытки, в данной работе будет использоваться имитационная модель такого банковского процесса, как кредитование.

Имитационная модель – проводимые вычислительные эксперименты с математическими моделями, имитирующими поведение реальных объектов и систем. Основная особенность имитационных моделей заключается в том, что для прогнозирования поведения системы необходимо провести вычислительный эксперимент – имитацию на математической модели с заданными исходными данными [26].

Поскольку некоторые из параметров, рассматриваемых в модели текущего исследования, невозможно описать конкретными значениями, так как они могут варьироваться в достаточно большом диапазоне, они будут рассматриваться нами как случайные величины. В процессе имитационного моделирования в каждой имитации для данных параметров будут задаваться конкретные случайные числовые значения, а результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели исследуемого процесса, будут случайными реализациями. Для прогнозирования поведения процесса во времени потребуется многократное его воспроизведение с последующей обработкой полученных результатов.

Одним из основных методов имитационного моделирования является метод статистических испытаний Монте-Карло [15]. Данный подход позволяет описывать случайные параметры модели с заданным законом распределения вероятностей. Каждому случайному параметру в конкретной реализации присваивается значение из реального распределения вероятностей, такая процедура повторяется большое количество раз, после чего полученные результаты анализируются.

Метод статистических испытаний Монте-Карло можно представить в виде нескольких этапов (см. диаграмму рис. 4):



Рис.4 Имитационное моделирование

- Выбор и описание связей между параметрами, значения которых являются случайными величинами.
- Сбор статистических данных и формирование распределения вероятностей для каждого из выбранных параметров.
- Моделирование псевдослучайных последовательностей с заданными законами распределения вероятностей, являющихся случайными значениями параметров при каждом испытании.
- Использование полученных последовательностей в имитационных математических моделях.
- Комплексный анализ и статистическая обработка результатов моделирования.

Далее в главе построим математическую модель определения вероятности возникновения кредитного риска, выделим пространство параметров имитационной модели, осуществим анализ данных для получения распределений параметров модели, являющихся случайными величинами.

2.2 Имитационная модель анализа кредитных рисков

В данном пункте представлен процесс построения математической модели, которая лежит в основе имитационной модели. По предложенной в главе 1 на рисунке 3 информационно-логической модели теперь необходимо сформировать математическую модель. В первую очередь зададим параметры, описывающие кредитный процесс:

N – число имитаций, переменная величина;

M – количество людей, обратившихся за кредитом, постоянная величина;

SS – сумма накопленной задолженности по кредитным обязательствам, переменная величина;

d – допустимый процент невозврата средств, постоянная величина, установленная банком;

R – ежемесячный доход заемщика, случайная величина;

D – остаточный ежемесячный доход, случайная величина;

r – процентная ставка, случайная величина;

S_k – сумма кредита, случайная величина;

f_k – процент кредита от дохода, случайная величина;

P – вероятность невозврата кредита в зависимости от процента дохода, отдаваемого за кредит, случайная величина;

n – срок кредита, выраженный в месяцах, случайная величина;

$A = \frac{S_k r (1 + \frac{r}{12})^n}{12((1 + \frac{r}{12})^n - 1)}$ – аннуитетный ежемесячный платеж, переменная величина;

$S_{dop} = \frac{12(R-1.5P_{min})((1+\frac{r}{12})^n-1)}{r(1+\frac{r}{12})^n}$ – допустимая одобренная сумма кредита, переменная величина;

AA – сумма выданных банком кредитов с начисленными процентами, переменная величина;

$ver = \frac{SS*100}{AA}$ – процент невозврата, переменная величина;

W – количество заемщиков, которым отказано в кредите, переменная величина;

$k = \frac{K}{M}$ – доля должников среди заемщиков;

K – количество должников среди заемщиков;

P_{min} – величина прожиточного минимума, для выбранного временного периода.

Вторым этапом построения имитационной модели является задание распределений случайных величин, таких как сумма кредита, доход заемщика, доля платежа по кредиту в доходе заемщика. Такие распределения вероятностей могут быть получены на основе статистических данных.

В качестве метода имитационного моделирования будем использовать метод статистических испытаний Монте-Карло, который работает с выбранными распределениями и позволяет определить вероятность возникновения кредитного риска.

При каждом прогоне модели для заемщика будут случайным образом, в соответствии с распределениями вероятностей, выбираться сумма кредита и размер дохода, вычисляться размер платежа по кредиту, его доля в доходе, затем, так же случайным образом будет определяться вероятность невозврата средств в банк. Одновременно рассчитывается суммарная задолженность по кредитным обязательствам всех заемщиков и определяется общий процент

невозврата средств в банк. Полученная величина невозврата сравнивается с допустимой, и если допустимый процент невозврата превышен, то проводится анализ распределений, формулируются управляющие воздействия, осуществляется прогон модели с новыми распределениями, с учетом управления, и принимается решение об эффективности данного варианта управления.

2.3 Анализ данных для моделирования

Поскольку для имитационной модели требуются распределения вероятностей случайных величин, необходимо провести анализ статистических данных для соответствующих параметров. Сначала опишем параметры кредита: сумма, вид, срок и процентная ставка. Затем проведем анализ параметров заемщика: размер дохода, категория заемщика, процент дохода, отдаваемый на кредит.

Для начала определим, какие кредиты наиболее востребованы у населения. В главе 1 уже упоминалось, что ведущие банки страны выделяют несколько основных видов кредитования: потребительский кредит и кредитная карта (относятся к нецелевым продуктам), кредит на рефинансирование, ипотечное кредитование и автокредит (относятся к целевым продуктам). Анализ годовых отчетов ведущих банков России, таких как Сбербанк, Газпромбанк, ВТБ, Открытие, Россельхозбанка, Альфа-банк позволил сделать выводы, что среди целевых кредитов наиболее востребовано ипотечное кредитование, а среди нецелевых – потребительский кредит. Популярность ипотечного кредитования легко объясняется тем, что это займ на весьма высокие суммы под сравнительно низкий годовой процент. Потребительское кредитование в свою очередь – многофункционально, поскольку позволяет, помимо потребительских нужд, получить кредит на автомобиль или рефинансирование без предоставления в банк дополнительных документов. В представленной работе нами будет рассмотрен потребительский кредит, как наиболее функциональный.

Далее определим суммы кредита, доступные заемщику по потребительскому кредиту. Каждый банк самостоятельно определяет условия кредитования, поэтому минимальные и максимальные суммы варьируются. Ниже, в таблице приведены данные о кредитных предложениях ведущих банков РФ [27-35].

№	Банк	Минимальная сумма, руб.	Максимальная сумма, руб.	% ставка (средняя)	Срок, лет
1	Сбербанк	15000	3000000	18,4	5
2	ВТБ 24	100000	3000000	19,2	5
3	Газпромбанк	50000	3500000	19	5
4	Россельхозбанк	10000	750000	18,5	7
5	Открытие	50000	1000000	19	5
6	Альфа-банк	50000	1000000	20	3
7	Промсвязьбанк	50000	1500000	19	7
8	Райффайзенбанк	90000	1500000	19,9	5
9	Бинбанк	50000	2000000	19	7
10	Росбанк	50000	3000000	19,5	5

Таблица 2.1 Кредитные предложения банков РФ

Поскольку точные статистические данные о распределении выданных сумм кредитов являются конфиденциальной информацией банка и не подлежат разглашению, в представленной работе распределения выбирались, исходя из материалов, находящейся в свободном доступе [36]. Такое использование допустимо, так как цель магистерской диссертации – показать возможности применения имитационного моделирования для анализа кредитных рисков банка.

Следующий параметр, который характеризует кредит – срок кредитования. Максимальный срок кредитования для потребительского кредита без обеспечения в ведущих банках страны представлен в таблице 2.1. Поскольку точные данные о распределении кредитов по сроку так же относятся к конфиденциальной информации банка, то в представленной работе срок кредита выбран максимальный 5 лет.

Далее была определена процентная ставка. В кредитных предложениях банков процентная ставка зависит от дополнительных условий, которые

подтверждают благонадежность заемщика, к ним относят зарплатный проект организации-работодателя с банком, наличие положительной кредитной истории, в том числе и в сторонних банках, согласие на подтверждение данных о занятости в пенсионном фонде России (ПФР). В магистерской диссертации дополнительные условия рассмотрены не будут, поэтому к заемщику применяются стандартные условия кредитования. В качестве процентной ставки выбрана ставка 18%.

Осуществим анализ параметров заемщика, таких как размер дохода и категория заемщиков. В качестве заемщиков в представленной работе будут выступать работники социальной и научной сферы. Выбор указанной категории обоснован тем, что заемщики из данной сферы деятельности обеспечены стабильной работой, имеют средний уровень достатка, но в то же время подвержены влиянию социально-экономических тенденции.

Данные о распределении доходов указанной категории заемщиков могут быть получены и федерального ресурса статистики РОССТАТ [37]. С помощью указанного ресурса могут быть определены средние суммы дохода как в целом по стране, так и в отдельности для каждого региона. Следует заметить, что суммы доходов ограничены показателем минимального размера оплаты труда (МРОТ). В приложении 1 представлена таблица с указанием сумм доходов по должностям для сотрудников социальной и научной сферы деятельности в среднем по стране.

Важным параметром, характеризующим кредитоспособность заемщика, является доля, занимаемая ежемесячным платежом по кредиту, в доходе. Этот параметр определяется после того, как известна сумма запрашиваемого кредита и размер дохода заемщика. Если доля платежа по кредиту в доходе существенна, то велика вероятность, что заемщик не сможет выполнять кредитные обязательства, следовательно, банк понесет убытки. Для предотвращения таких ситуаций была введена допустимая сумма кредита. Суть данной величины заключается в следующем: заемщик

запрашивает определенную сумму, в соответствии с его доходом вычисляется доля платежа по кредиту в доходе, если остаточная сумма дохода не менее величины прожиточного минимума, умноженного на коэффициент 1,5, то кредит выдается, иначе в качестве суммы кредита выступает допустимо одобренная, которая удовлетворяет указанному условию.

После того как нами были определены пространства параметров, сформулированы принципы получения распределения случайных величин, выбраны значения параметров-констант, необходимо сформулировать конкретизированную постановку задачи, для проведения имитационного моделирования.

В работе предлагается оценить кредитные риски для социально-экономической ситуации в 2013 году с характерными для того момента времени уровнями дохода. Затем оценить динамику кредитных рисков в 2016 году с учетом нескольких возможных сценариев социально-экономической ситуации. В качестве первого сценария будем рассматривать наиболее вероятный, когда доходы заемщиков изменились в соответствии с инфляцией и индексацией заработной платы. Второй сценарий – оптимистичный, помимо влияния инфляции и индексации допустим увеличение доходов заемщиков на 15% за указанные три года. Последний сценарий – пессимистичный, в котором доходы заемщиков сократятся на 10% по сравнению с наиболее вероятным сценарием, это может произойти из-за сокращения рабочего времени, либо из-за урезания бюджета. Еще один из возможных сценариев, которые рассматриваются в представленной работе, – неравномерное изменение дохода среди заемщиков. Такой сценарий соответствует политике, направленной на создание устойчивого среднего класса, когда нет резкой границы между состоятельными и бедными людьми.

3. Имитационное моделирование кредитных рисков банка

3.1 Данные для анализа кредитных рисков

В данном пункте определим конкретные распределения случайных величин из модели, в соответствии с поставленной в предыдущем пункте задачей.

Поскольку в модели используются два временных интервала, то вначале необходимо задать параметры, которые будут оставаться неизменными. Пусть количество заемщиков равно 1000. Заемщики – сотрудники из социальной и научной сферы. Средняя годовая процентная ставка составляет 18 %. Срок кредита – 5 лет (60 месяцев). Допустимый процент невозврата банковских средств составляет 6%. Зададим распределения заемщиков по сумме кредита и по проценту дохода, отдаваемого за кредит, с указанием вероятности невозврата средств соответственно. В таблице 3.1. представлено распределение заемщиков по сумме кредита, которая изменяется в пределах от 30 тыс. руб. до 1,5 млн. руб. В таблице 3.2. представлено распределение заемщиков по проценту дохода, отдаваемого за кредит, который изменяется от 1% до 100%, с указанием вероятности невозврата средств в банк.

S	30-100 тыс. руб.	101-300 тыс. руб.	301- 500 тыс. руб.	501-700 тыс. руб.	701-1000 тыс. руб.	1001 -1500 тыс. руб.
P	0,3	0,27	0,23	0,12	0,05	0,03

Таблица 3.1 Распределение по сумме кредита

F	1-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%	51-60%	61-80%	81-100%
P	0,02	0,05	0,07	0,1	0,14	0,21	0,27	0,37

Таблица 3.2. Распределение по проценту дохода, отдаваемого на кредит

Далее зададим параметры для первого временного интервала – 2013 год. Прожиточный минимум составляет 7,8 тыс. руб. Минимальный размер оплаты труда (МРОТ) составляет 5,2 тыс. руб. Зададим распределение заемщиков по сумме дохода, которая изменяется в пределах от 15 тыс. руб. до 65 тыс. руб. (см. таблицу 3.3).

R	15-22 тыс. руб.	23-35 тыс. руб.	36-50 тыс. руб.	51-65 тыс. руб.
P	0,31	0,35	0,26	0,08

Таблица 3.3 Распределение по сумме дохода

Затем определим параметры для второго временного интервала – 2016 год и рассмотрим четыре возможных сценария: оптимистичный, наиболее вероятный, пессимистичный и неравномерное изменение дохода.

Прожиточный минимум составляет 10, 4 тыс. руб. Минимальный размер оплаты труда (МРОТ) составляет 7,5 тыс. руб. Уровень инфляции с 2013 года по 2016 составил 29%, согласно данным РОССТАТ.

- 1) Оптимистичный сценарий заключается в улучшении финансового положения заемщиков. Он включает в себя увеличение доходов заемщиков на 15% за три года с учетом инфляции и индексации оплаты труда. Зададим распределение заемщиков по сумме дохода, которая изменяется в пределах от 23 тыс. руб. до 105 тыс. руб. (см. таблицу 3.4)

R_1	23-34 тыс. руб.	35-58 тыс. руб.	59-81 тыс. руб.	82-105 тыс. руб.
P	0,31	0,35	0,26	0,08

Таблица 3.4. Распределение по сумме дохода

- 2) Наиболее вероятный сценарий включает в себя инфляцию, индексацию оплаты труда и не подразумевает иного изменения дохода. Зададим распределение заемщиков по сумме дохода, которая изменяется в пределах от 20 тыс. руб. до 90 тыс. руб. (см. таблицу 3.5)

R_2	20-30 тыс. руб.	31-50 тыс. руб.	51-70 тыс. руб.	71-90 тыс. руб.
P	0,41	0,37	0,18	0,04

Таблица 3.5. Распределение по сумме дохода

- 3) Пессимистичный сценарий заключается в ухудшении финансового положения заемщика. Он включает в себя инфляцию, индексацию оплаты труда и снижение доходов на 10%. Зададим распределение заемщиков по сумме дохода, которая изменяется в пределах от 18 тыс. руб. до 87 тыс. руб. (см. таблицу 3.6)

R_2	18-27 тыс. руб.	28-45 тыс. руб.	46-63 тыс. руб.	64-87 тыс. руб.
P	0,41	0,37	0,18	0,04

Таблица 3.6. Распределение по сумме дохода

4) Сценарий неравномерного изменения доходов для заемщиков. Он включает в себя увеличение доходов заемщиков с размером доходов не более 50 тыс. руб. на 17% и заемщиков с размером доходов более 50 тыс. руб. на 10%. Зададим распределение заемщиков по сумме дохода, которая изменяется в пределах от 23,4 тыс. руб. до 99 тыс. руб. (см. таблицу 3.7)

R_1	23,4-35,1 тыс. руб.	35,2-58,5 тыс. руб.	58,6-77 тыс. руб.	78-99 тыс. руб.
P	0,41	0,37	0,18	0,04

Таблица 3.7. Распределение по сумме дохода

Программная реализация построенной в магистерской работе модели, а также результаты данных моделирования для каждого временного интервала и для каждого сценария представлены в следующем пункте текущей главы.

3.2 Программная реализация и результаты моделирования

В рамках представленной работы в среде MATLAB была создана программа, рассчитывающая процент невозврата от общей суммы кредитов, сумму предполагаемой задолженности и долю задолжников от общего количества заемщиков. Интерфейс данной программы представлен на рисунке 5. Для расчета необходимо задать выбранное число имитаций метода Монте-Карло, количество заемщиков и распределения вероятностей для суммы кредитов, суммы доходов заемщиков и долю (в процентах) ежемесячного платежа по кредиту в доходе дохода.

Имитационное моделирование

Программа имитационного моделирования расчета кредитных рисков

Число имитаций: 10000 Количество заемщиков: 1000

Распределение кредитов (суммы, тыс. р.): 100 300 500 700 1000 1500 Распределение кредитов (вероятности): 0.3 0.27 0.23 0.12 0.05 0.03

Распределение доходов (суммы, тыс. р.): 30 50 70 90 Распределение доходов (вероятности): 0.41 0.37 0.18 0.04

Распределение процента дохода: 10 20 30 40 50 60 80 100 Распределение вероятностей процента: 0.02 0.05 0.07 0.1 0.14 0.21 0.27 0.37

Результаты моделирования:

Доля невозврата: 0.054947

Сумма невозврата: 241.9955

Доля задолжников: 0.03141

Моделирование

Рис.5 Программная реализация

Моделирование для каждого временного интервала и каждого сценария производилось при различном числе имитаций, а именно $N = 10, 50, 100, 500, 1000, 10000$, после чего производилось усреднение полученных данных. Подробно результаты вычислений, в зависимости от имитаций, приведены в приложении 2. На рисунках 6-8 представлены диаграммы, отражающие долю

невозврата, сумму невозврата, долю должников, в указанные временные интервалы и для предложенных сценариев.

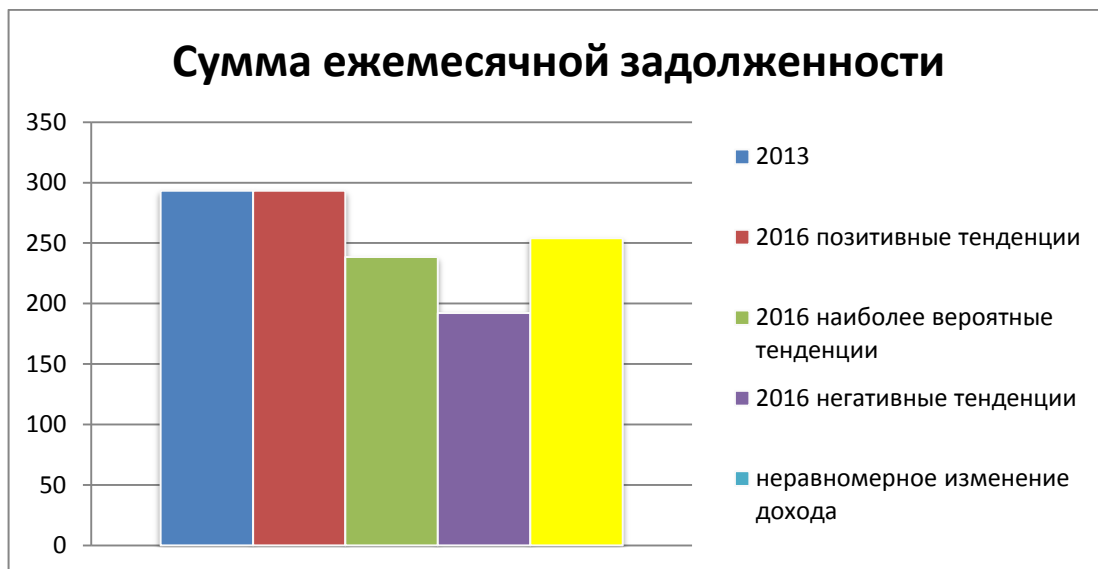


Рис.6 Сумма ежемесячной задолженности

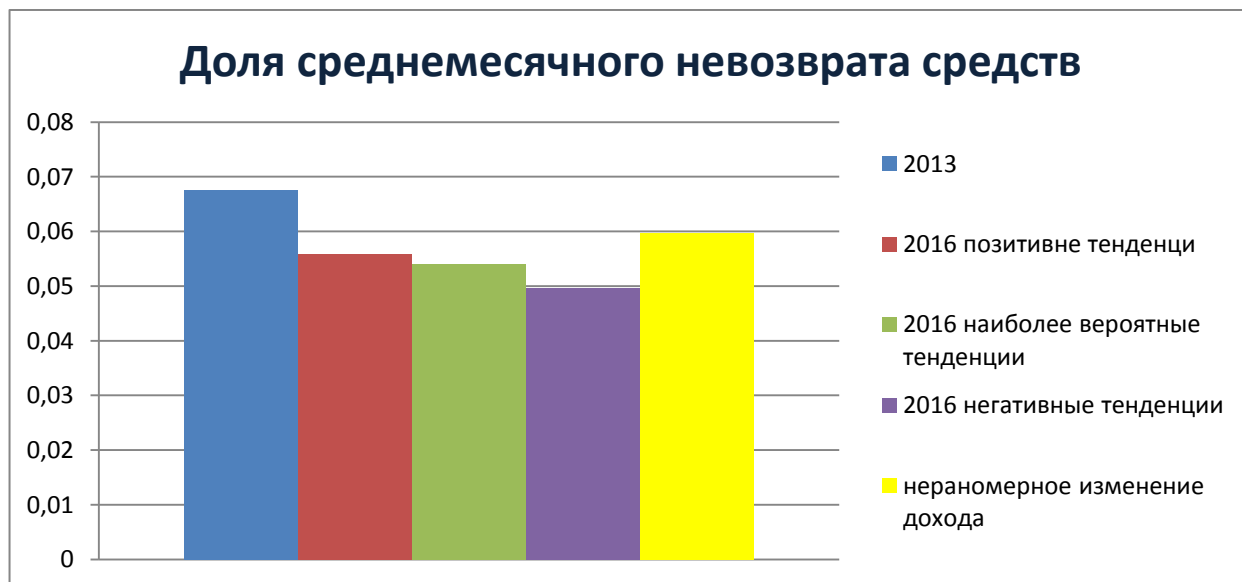


Рис.7 Доля ежемесячного невозврата

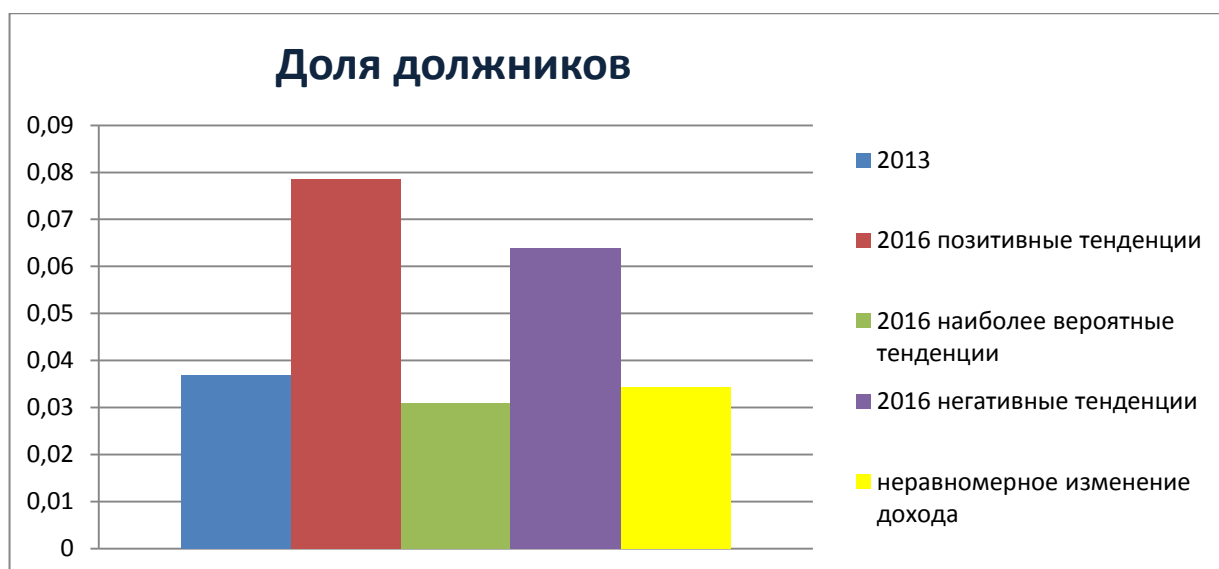


Рис.8 Доля должников от общего числа заемщиков

В таблице 3.8 ниже представлены соотношения для каждого из сценариев, такие как общая сумма выданных кредитов, сумма задолженности и процент невозврата средств. Проанализировав данные графики, можно сделать вывод, что при увеличении дохода заемщиков, возрастает сумма выданных кредитов, что может происходить из-за увеличения числа заемщиков, которые могут взять кредит, или из-за роста сумм одобряемых кредитов. Если же доход заемщиков сокращается, то и сумма выданных кредитов уменьшается, так как заемщикам одобряются меньшие суммы кредитов, либо в кредите отказывают в принципе.

Сценарий	Сумма выданных кредитов, тыс. руб.	Сумма задолженности, тыс. руб.	% невозврата
2013 год	4351,28	293,3206	6,741
2016 наиболее вероятный	4361,96	238,489	5,467
2016 оптимистичный	5233,38	293,1457	5,7161

2016 пессимистичный	3904,12	192,2743	4,925
2016 неравномерное изменение дохода	4250,34	254,0048	5,9761

Таблица 3.8 Результаты моделирования.

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о том, что допустимый процент невозврата средств в банк был превышен только при уровне дохода 2013 года. Выбранный нами инструментарий регулирования сумм кредита в зависимости от дохода является эффективным управляющим воздействием, позволяющим поддерживать банковский риск на допустимом уровне.

3.3 Анализ результатов моделирования

В данном пункте проводится анализ динамики кредитного риска в зависимости от изменяющихся внешних условий, не относящихся напрямую к заемщику.

В предыдущем пункте нами были рассмотрены несколько сценариев социально-экономических ситуаций, в которых мог оказаться заемщик. Для каждого из сценариев были определены кредитные риски. В качестве управляющего воздействия выступала допустимая сумма кредита, с помощью которой заемщику могла быть предоставлена только та сумма, которую он в состоянии вернуть.

Рассмотрим теперь ситуацию, когда помимо выбранных сценариев появляется внешнее воздействие. В качестве распределения заемщиков по сумме дохода будем использовать распределения, представленные в таблицах 3.4 – 3.7. В качестве внешнего управляющего воздействия выберем процентную ставку. Как известно, Центральный Банк предоставляет кредиты коммерческим банкам по ключевой процентной ставке. В свою очередь коммерческие банки предоставляют кредиты заемщикам по процентной ставке, которая включает в себя совокупность ключевой ставки и маржи банка. В условия стабильной экономической ситуации ключевая ставка Центрального Банка снижается, соответственно, снижаются ставки по кредитам в кредитных предложениях коммерческих банков. В качестве примера можно использовать следующую ситуацию: советом директоров Центрального Банка [1] было принято решение о снижении ключевой ставки до 9,25% с 02.05.2017, с указанной даты Сбербанк России [27] снизил минимальные процентные ставки с 13,9% до 12,9% по потребительским кредитам. В то же время, в условия кризисной ситуации в экономике Центральный Банк повышает ключевую ставку, и как следствие,

коммерческие банки увеличивают процентные ставки по потребительским кредитам.

В магистерской диссертации было проведено моделирование кредитных рисков в зависимости от процентной ставки по кредиту для четырех, описанных выше сценариев изменения доходов заемщиков. Результаты моделирования представлены на графиках ниже (см. рис. 9-11)

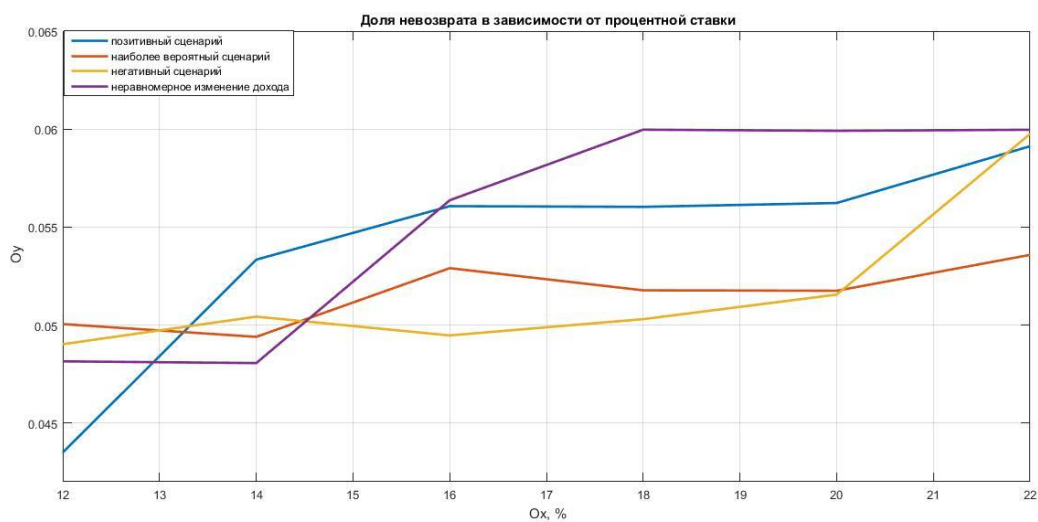


Рис.9 Доля невозврата в зависимости от процентной ставки

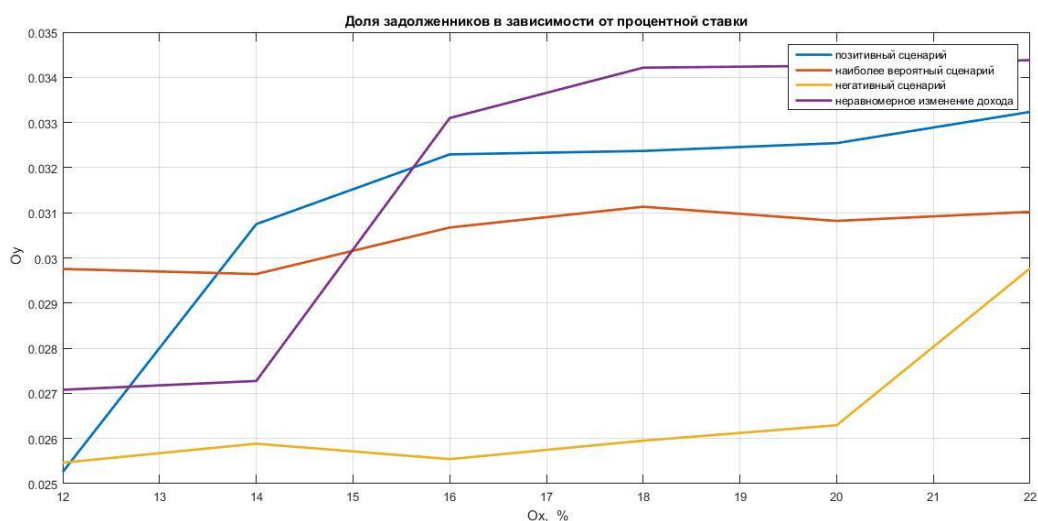


Рис.10 Доля задолжников в зависимости от процентной ставки

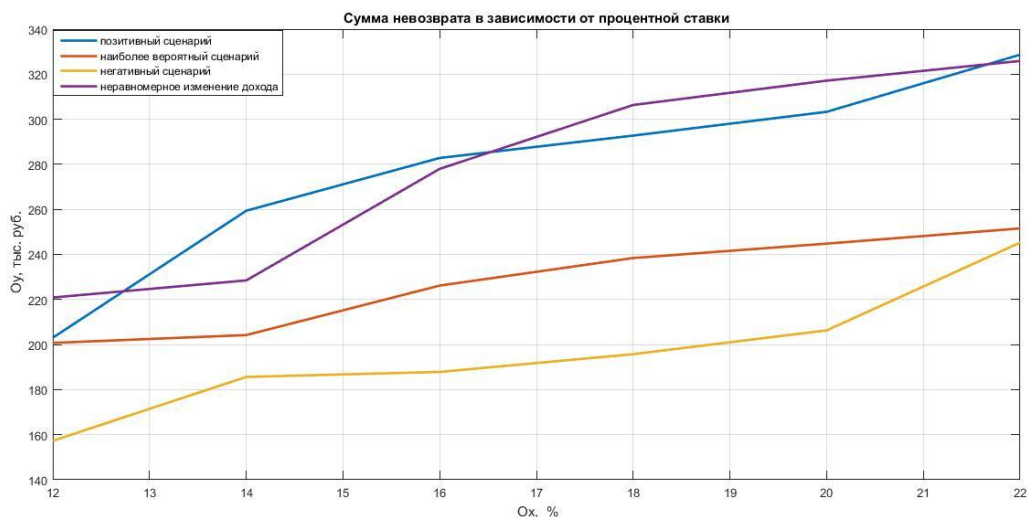


Рис.11 Сумма задолженности в зависимости от процентной ставки

Анализ полученных графиков подтверждает предположение о зависимости кредитных рисков банка от процентной ставки, установленной для предоставляемых кредитов. Рассмотрим для каждого сценария в отдельности:

- Оптимистичный сценарий изменения доходов заемщиков. При изменении процентной ставки от 12% до 22% доля невозврата возросла с 4,35 % до 5,91%, сумма задолженности изменилась с 203,06 тыс. руб. до 328,68 тыс. руб., количество задолжников увеличилось с 2,5% до 3,3%.
- Сценарий неравномерного изменения доходов заемщиков. При изменении процентной ставки от 12% до 22% доля невозврата возросла с 4,81 % до 6%, сумма задолженности изменилась с 220,91 тыс. руб. до 325,9 тыс. руб., количество задолжников увеличилось с 2,7% до 3,4%.
- Наиболее вероятный сценарий изменения доходов заемщиков. При изменении процентной ставки от 12% до 22% доля невозврата возросла с 5% до 5,35%, сумма задолженности изменилась с 200,76 тыс. руб. до 251,58 тыс. руб., количество задолжников увеличилось с 2,98% до 3,1%.

- Пессимистичный сценарий изменения доходов заемщиков. При изменении процентной ставки от 12% до 22% доля невозврата возросла с 4,9 % до 5,98%, сумма задолженности изменилась с 157,31 тыс. руб. до 245,28 тыс. руб., количество задолжников увеличилось с 2,55% до 2,98%.

На графиках отчетливо видна тенденция к увеличению суммы задолженности, доли должников среди заемщиков, а также доли невозврата среди выданных кредитов при возрастании процентной ставки по кредиту при любом из сценариев изменения доходов заемщиков.

Заключение

В магистерской диссертации рассмотрена задача имитационного моделирования кредитного риска. На основе анализа предметной области выделены основные сущности модели кредитования, а также описаны параметры, характеризующие каждую сущность, построена информационно-логическая модель. Для процесса потребительского кредитования построена частная информационно-логическая модель, являющаяся основой имитационной модели анализа кредитных рисков. В среде разработки MATLAB написана программная реализация имитационной модели, с помощью которой для выбранного пространства параметров, предложенного набора данных и распределений рассчитана доля невозврата кредитных средств для различных сценариев, учитывающих социально-экономические влияния внешних факторов на заемщиков, найдена предполагаемая сумма задолженности и доля задолжников от общего числа заемщиков.

Дальнейшее развитие работы можно осуществлять в нескольких направлениях.

- Ввод с систему дополнительных параметров, характеризующих потребительское кредитование, что позволит сделать модель более достоверной, а определение вероятности кредитного риска более точным.
- Построенная модель может быть применена для других видов кредитования, поскольку она описана универсальными параметрами. Кроме этого имитационная модель может быть расширена на все виды кредитования, и стать реализацией информационно-логической модели, представленной на рисунке 2.
- Выбор иных управляющих параметров, которые позволят не только поддерживать кредитный риск на допустимом уровне, но и уменьшить его при грамотном управлении.

Список литературы и источников

1. [Электронный ресурс]: <http://www.cbr.ru/> Дата посещения 30.04.2017
2. Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: новые подходы // <http://www.cbr.ru> URL: http://www.cbr.ru/today/ms/bn/bz_1.pdf (дата обращения: 30.04.2017).
3. Parametric versus nonparametric methods in risk scoring: an application to microcredit // Empirical Economics. 2014. №5. p. 1057–1079.
4. Шиянов Б. А., Силютин О. В., Неженец В. С. Вероятностно-статистические методы количественной оценки рисков в системе регулирования неравновесными состояниями экономических систем // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. №8. Том 6.
5. Пасечник А. А., Пасечник Д. А., Лукаш Е. Н. Использование эконометрических моделей бинарного выбора для оценки вероятности банкротства российских банков // Молодой ученый. 2011. №10. Т.1. С. 137-148.
6. Hosmer, D., Lemeshow, S. Applied logistic regression.// John Wiley and Sons. 2000
7. Angelini, E, G. di Tollo, Roli A. A neural network approach for credit risk evaluation // The Quarterly Review of Economics and Finance. 2007.
8. Genriha I., Voronova I. Methods for evaluating the creditworthiness of borrowers // Economics and Business. 2012. №22. p. 42-50.
9. Aker A. Discriminant analysis of default risk //MPRA Paper № 1002. 2007.
10. Сорокин А.С. Построение скоринговых карт с использованием модели логистической регрессии.// Интернет-журнал «Науковедение». 2014. №2
11. Ишина И. В. Скоринг-модель оценки кредитного риска// Аудит и финансовый анализ. 2007. №4. с. 0-7.

12. Емельянов А. А., Власова Е. А., Дума Р. В. Имитационное моделирование экономических процессов. М: Финансы и статистика, 2005. 364 с.
13. Пробит-анализ // <http://www.machinelearning.ru>
URL:<http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D1%82-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7> (дата обращения: 30.04.2017).
14. [Электронный ресурс]: <http://www.machinelearning.ru/wiki> Дата посещения 25.03.2017
15. Monte Carlo Methods for Portfolio Credit Risk // <https://people.smp.uq.edu.au>
URL: <https://people.smp.uq.edu.au/DirkKroese/ps/BCK.pdf> (дата обращения: 10.12.2015).
16. Дорошко А. А., Сvirкин М. В. Имитационная модель для анализа кредитных рисков банка // Процессы управления и устойчивость. 2016. №1, Т.3. С. 628-632.
17. Батяркин А. В., Сvirкин М. В. Построение имитационной модели для анализа рисков в вертикально интегрированной нефтяной компании // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 1. с. 555-559.
18. Шапкин А. С., Шапкина В. А. Теория рисков и моделирование рискованных ситуаций. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2005. 880 с.
19. Кошелевский И. С. История развития практики и исследований в области управления рисками // Молодой ученый. 2014. №20. с. 307-310.
20. Кудрявцев А. А. Интегрированный риск-менеджмент. М.: ЗАО "Издательство "Экономика", 2010. 655 с. (Учебники экономического факультета СПбГУ)
21. Кудрявцев А. А., Родионов А. В. Введение в количественный риск-менеджмент: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2016. 192 с.

22. Мамедов Ф. М. Математические модели измерения финансовых рисков // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2011. №1. С. 292-294
23. Лаврушин О. И., Валенцева Н. И. Банковские риски. М.: Кнорус, 2007. 232 с.
24. Инструкции Банка России от 3 декабря 2012 года № 139-И «Об обязательных нормативах банков»
25. Гост Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения. // <http://docs.cntd.ru/> URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51897-2011> (дата обращения: 30.04.2017).
26. [Электронный ресурс]: <https://ek-ek.jimdo.com> Дата посещения: 18.12.2016.
27. [Электронный ресурс]: <http://www.sberbank.ru> Дата посещения 30.04.2017
28. [Электронный ресурс]: <http://www.vtb.ru/> Дата посещения 30.04.2017
29. [Электронный ресурс]: <http://www.gazprombank.ru/> Дата посещения 30.04.2017
30. [Электронный ресурс]: <https://alfabank.ru/> Дата посещения 30.04.2017
31. [Электронный ресурс]: <https://www.raiffeisen.ru/> Дата посещения 30.04.2017
32. [Электронный ресурс]: <http://www.rshb.ru/> Дата посещения 30.04.2017
33. [Электронный ресурс]: <http://www.rosbank.ru/ru/> Дата посещения 30.04.2017
34. [Электронный ресурс]: <https://www.psbank.ru/> Дата посещения 30.04.2017
35. [Электронный ресурс]: <https://www.binbank.ru> Дата посещения 30.04.2017
36. [Электронный ресурс]: <http://www.banki.ru> Дата посещения 30.04.2017
37. [Электронный ресурс]: <http://www.gks.ru> Дата посещения 28.04.2017

Приложение 1

Ниже представлена таблица с данными о доходе сотрудников социальной и научной сферы в зависимости от категории занимаемой должности. Данные получены из официального источника – федерального статистического ресурса РОССТАТ [37].

Категория занимаемой должности	2013	2016
Педагогические работники дошкольных образовательных учреждений	23 363	27 476
Педагогические работники образовательных учреждений общего образования	29 038	33 338
Педагогические работники учреждений дополнительного образования детей	21 593	27 989
Преподаватели и мастера производственного обучения образовательных учреждений начального и среднего профессионального образования	25 144	29 848
Преподаватели образовательных учреждений высшего профессионального образования	40 428	55 028
Врачи и работники медицинских организаций, имеющие высшее медицинское (фармацевтическое) или иное высшее образование, предоставляющие медицинские услуги (обеспечивающие предоставление медицинских услуг)	42 253	50 667
Средний медицинский (фармацевтический) персонал (персонал, обеспечивающий условия для предоставления медицинских услуг)	24 102	28 174
Младший медицинский персонал (персонал, обеспечивающий условия для предоставления медицинских услуг)	14 313	18 436
Социальные работники	14 759	21 601
Работники учреждений культуры	21 072	27 080
Научные сотрудники	41 623	53 836
Педагогические работники образовательных, медицинских организаций или организаций, оказывающих социальные услуги детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей	24 177	30 034
Педагогические работники дошкольных образовательных учреждений	23 363	27 476

Таблица 4.1 Данные о доходах заемщиков

Приложение 2

В приложении представлены численные результаты моделирования кредитных рисков в зависимости от сценариев, описанных в пункте 3.2.

- Результаты моделирования кредитных рисков для 2013 года (см. таблицу 4.2). Данные о распределении заемщиков по сумме кредита, по доле ежемесячного платежа в доходе и по доходу представлены в таблицах 3.1 – 3.3

Количество имитаций	Сумма задолженности	Доля невозврата	Доля должников
10	295.43	0.068031	0.0371
50	282.4043	0.065335	0.03626
100	295.3522	0.068129	0.03632
500	296.4006	0.068198	0.036884
1000	293.9236	0.067643	0.036948
10000	296.4127	0.068287	0.0372
Среднее	293.3206	0.067604	0.036785

Таблица 4.2 Результаты моделирования для 2013 года

- Результаты моделирования кредитных рисков для 2016 года при оптимистичном сценарии изменения доходов заемщиков (см. таблицу 4.3). Данные о распределении заемщиков по сумме кредита, по доле ежемесячного платежа в доходе и по доходу представлены в таблицах 3.1 – 3.2, 3.4.

Количество имитаций	Сумма задолженности	Доля невозврата	Доля должников
10	271.1042	0.051914	0.0298
50	321.0013	0.061788	0.03462
100	291.2361	0.055803	0.032
500	297.217	0.056818	0.032482
1000	294.5337	0.056392	0.032468
10000	283.782	0.052703	0.3101
Среднее	293.1457	0.055903	0.078578

Таблица 4.3 Результаты моделирования для 2016 года (оптимистичный сценарий)

- Результаты моделирования кредитных рисков для 2016 года при наиболее вероятном сценарии изменения доходов заемщиков (см. таблицу 4.4). Данные о распределении заемщиков по сумме кредита, по доле ежемесячного платежа в доходе и по доходу представлены в таблицах 3.1 – 3.2, 3.5.

Количество имитаций	Сумма задолженности	Доля невозврата	Доля должников
10	244.7901	0.055327	0.0314
50	231.1399	0.052693	0.0304
100	234.4818	0.053134	0.03034
500	238.8277	0.054197	0.031204
1000	239.5484	0.054317	0.031073
10000	242.1458	0.054872	0.031243
Среднее	238.489	0.05409	0.030943

Таблица 4.4 Результаты моделирования для 2016 года (наиболее вероятный сценарий)

- Результаты моделирования кредитных рисков для 2016 года при пессимистичном сценарии изменения доходов заемщиков (см. таблицу 4.5). Данные о распределении заемщиков по сумме кредита, по доле ежемесячного платежа в доходе и по доходу представлены в таблицах 3.1 – 3.2, 3.6.

Количество имитаций	Сумма задолженности	Доля невозврата	Доля должников
10	170.0669	0.044496	0.0239
50	206.7289	0.053193	0.02604
100	188.0941	0.048629	0.02533
500	198.4366	0.050919	0.026224
1000	197.9422	0.050722	0.025998
10000	192.3768	0.049763	0.25634
Среднее	192.2743	0.04962	0.063972

Таблица 4.5 Результаты моделирования для 2016 года (пессимистичный сценарий)

- Результаты моделирования кредитных рисков для 2016 года при сценарии неравномерного изменения доходов заемщиков (см. таблицу

4.6). Данные о распределении заемщиков по сумме кредита, по доле ежемесячного платежа в доходе и по доходу представлены в таблицах 3.1 – 3.2, 3.7.

Количество имитаций	Сумма задолженности	Доля невозврата	Доля должников
10	278.9816	0.054785	0.0325
50	308.9882	0.060771	0.0346
100	317.2812	0.062001	0.0352
500	0.060194	0.060194	0.034578
1000	304.1932	0.059529	0.034188
10000	314.5246	0.061287	0.0349
Среднее	254.0048	0.059761	0.034328

Таблица 4.6 Результаты моделирования для 2016 года (неравномерный сценарий)

Приложение 3

В приложении выборочно представлены блоки кода программного продукта, разработанного в среде MATLAB для определения банковских кредитных рисков.

- Создание графического интерфейса

```
function varargout = Bank(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Bank_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @Bank_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
```

- Считывание внесенных данных и распределений

```
aN=get(handles.edit1,'string')
N=str2num(aN) % определение числа имитаций
aM=get(handles.edit2,'string')
M=str2num(aM) % определение количества заемщиков
aS=get(handles.edit3,'string')
S=str2num(aS)
ap_s=get(handles.edit4,'string')
p_s=str2num(ap_s) % распределение по суммам кредитов
aR=get(handles.edit5,'string')
R=str2num(aR)
ap_R=get(handles.edit6,'string')
p_R=str2num(ap_R) % распределение по доходам заемщиков
aproc_dox=get(handles.edit7,'string')
proc_dox=str2num(aproc_dox)
ap_prostr=get(handles.edit8,'string')
p_prostr=str2num(ap_prostr) % распределение по доле платежа по
кредиту в доходе
```

- Процедура определения сумм кредита и дохода для каждого заемщика

```
%определение суммы кредита
rr=rand(1,1);
for j=1:l1+1
    if rr>p_s1(j) && rr<=p_s1(j+1)
        s_kredit=S1(j)
    end
end

% определение дохода заемщика
rr=rand(1,1);
for j=1:l2+1
    if rr>p_R1(j) && rr<=p_R1(j+1)
        S_doxod=R1(j);
    end
end

%расчет ежемесячного платежа по кредиту
A=(s_kredit*p)/(1-(1+p)^(-60));
D=S_doxod - A;
S_dop=(S_doxod-1.5*P_min)*(1-(1+p)^(-60))/p;
if s_kredit>S_dop
    s_kredit=S_dop;
    A=(S_dop*p)/(1-(1+p)^(-60));
    D=S_doxod - A;
End

%расчет % от дохода, идущего на погашение кредита
proc=A*100/S_doxod;
rr=proc
if D<P_min
    W=W+1;
else
    AA=AA+A;
```